

FACULTÉ DE DROIT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

LES
FORCES HYDRAULIQUES
DES PYRÉNÉES

THÈSE POUR LE DOCTORAT

(SCIENCES ÉCONOMIQUES ET POLITIQUES)

Présentée et soutenue le Lundi 6 Décembre 1926, à 2 heures

PAR

Henri SENS

Président : M. LESCURE, professeur

*Suffragants : { MM. MESTRE, professeur
MOUNIER, professeur*



PARIS

JOUVE & C^{ie}. ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

—
1926

THÈSE
POUR
LE DOCTORAT

FACULTÉ DE DROIT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

LES
FORCES HYDRAULIQUES
DES PYRÉNÉES

THÈSE POUR LE DOCTORAT

(SCIENCES ÉCONOMIQUES ET POLITIQUES)

Présentée et soutenue le Lundi 6 Décembre 1926, à 2 heures

PAR

Henri SENS

Président : M. LESCURE, professeur

*Suffragants : { MM. MESTRE, professeur
 MOUNIER, professeur*



PARIS
JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS
45, RUE RACINE, 45

—
1926

La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs. ¹



LES FORCES HYDRAULIQUES DES PYRÉNÉES

VUE D'ENSEMBLE

La houille blanche est née en France. Nous entendons par là que ce pays a le premier donné l'exemple d'une utilisation à la fois moderne et rationnelle de la force qu'on peut tirer de l'eau courante. C'est en France pour la première fois vers 1868-1870, que dans les Alpes à Lancey, Bergès, un pyrénéen de l'Ariège, réussit à aménager une chute d'eau de 200 mètres aboutissant à des turbines par une conduite forcée établie à flanc de montagne. C'est en France en 1884 et toujours dans les Alpes que fut réalisé pour la première fois le transport à distance de la force électrique, Marcel Deprez réussissant à transmettre l'énergie électrique à une distance de 15 kilomètres entre Vizille et Grenoble.

Cette ancienneté d'emploi, si elle satisfait notre amour-propre national, n'a pas été sans présenter quelques inconvénients. Elle explique beaucoup de traits qui caractérisaient les industries hydro-élec-

triques françaises avant 1914 et plus particulièrement la multiplicité des usines, avec comme corollaires le petit nombre d'installations puissantes, l'éparpillement, les installations entre les mains d'une foule d'exploitants et l'isolement de la plupart des entreprises.

D'autre part les conditions économiques et physiques du territoire français favorisaient elles aussi le développement et la dissémination des forces hydro-électriques. Elles peuvent se ramener à trois principales :

1. La France a beaucoup de montagne ;
2. La France a beaucoup d'eau ;
3. La France a peu de combustible.

I. — LA FRANCE A BEAUCOUP DE MONTAGNES.

Exceptions faites de la Scandinavie et de l'Autriche, elle possède plus de montagnes que chacun des autres pays d'Europe. Si l'Italie, l'Espagne, les Balkans sont plus accidentés, la nature et l'altitude de leurs massifs montagneux offrent de grosses difficultés d'aménagement hydro-électrique. Avec une majorité de montagnes soumises aux influences glaciaires, ses Alpes, ses Pyrénées septentrionales, avec les parties élevées du Massif Central, le Jura et les Vosges, la France possédait des ressources hydrauliques supérieures à celles de presque tous les Etats européens.

II. — LA FRANCE A BEAUCOUP D'EAU.

Elle doit cette humidité à sa position à l'Ouest du continent européen et à la vaste surface de condensation qu'elle offre aux nuées de l'Atlantique. La quantité moyenne des précipitations qu'elle reçoit et qu'on évalue à 800 millimètres, est fort supérieure à celle que l'on attribue aux autres pays d'Europe, exceptions faites de la Norvège et des Iles Britanniques. Les pentes de ses montagnes voient donc ruisseler des eaux abondantes propices à l'utilisation.

III. — LA FRANCE A PEU DE COMBUSTIBLE.

Or, la France possède peu de combustible. Le pétrole y est quasi introuvable. Le bois est une ressource trop précieuse pour alimenter des chaudières. Enfin, les combustibles minéraux sont trop peu abondants et mal répartis. Les deux tiers de la production de houille d'avant 1914 étaient fournis par les deux départements frontières du Nord et du Pas-de-Calais. L'Ouest, le Sud n'avaient pas de houillères, sauf quelques exploitations de lignites. Bref le déficit représentait la moitié de la production ; il fallait importer 20 millions de tonnes, pour une production ; de 40 millions. Cette situation engageait fatalement à demander à l'énergie issue des torrents, ce que ne pouvait fournir une houille achetée à grands frais au dehors.

Les conditions d'ensemble varient suivant les régions. Le Massif Central produit, sur ses bords, 8 millions de tonnes de houille ; en revanche il est moins élevé que les autres montagnes et ses eaux sont moins abondantes. La région pyrénéenne ne pouvait guère compter que sur le charbon acheté à l'étranger. Mais ces nuances mises à part, il n'en restait pas moins, que la France n'a pas assez de charbon, tandis qu'elle possède des puissances disponibles formidables dans ses cours d'eau : *6 à 10 millions de kilowats* en eaux moyennes, suivant les estimations. Et comme, d'autre part, des Français avaient donné l'exemple de l'utilisation pratique de ces puissances, l'industrie hydro-électrique avait fait, dès avant la guerre, de rapides progrès à travers le pays. En considérant les installations en service ou tout près de l'être au 2 août 1914, nous pouvons fixer à 478.000 kilowats la puissance normale dont disposaient alors les usines hydro-électriques françaises. Bien que les statistiques des divers pays soient difficilement comparables, nous pensons qu'à cette date, la France occupait le premier rang en Europe.

Non seulement la houille blanche était largement mise à contribution, mais elle était populaire. Les premières installations, effectuées à des emplacements favorables, n'avaient pas coûté cher et le prix du kilowat-heure hydraulique présentait ; à l'égard de l'électricité d'origine thermique, une très grosse économie. L'opinion publique voyait, dans cette force

un peu mystérieuse et qui lui paraissait fournie gratis par les torrents, une sorte de revanche à l'égard de notre pénurie en charbon. Ainsi, le terrain était très préparé pour le rôle que l'effort de guerre allait demander à cette industrie toute neuve, toute jeune, servie par des protagonistes ardents et audacieux, qui sentaient derrière eux la faveur du public. Il était possible ici de faire grand.

PREMIÈRE PARTIE

LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DANS LES PYRÉNÉES

Le massif pyrénéen, s'il peut paraître désavantagé vis-à-vis des Alpes particulièrement bien dotées, n'en demeure pas moins un réservoir d'énergie de premier ordre. Les montagnes, dressées au-dessus des plaines océaniques, sont un très puissant condensateur et reçoivent en abondance les pluies et les neiges. Elles ont de très fortes pentes. D'autre part, leurs eaux sont d'une pureté inconnue de celles des Alpes, grâce à la dureté des terrains dans lesquels les torrents ont creusé leurs lits et à la fixité même de ces lits, qui facilite les installations et en diminue le prix de revient.

CHAPITRE PREMIER

Conditions topographiques de la production d'énergie électrique.

Les Pyrénées, envisagées comme bordure des plaines, sont moins une chaîne de montagnes, qu'un front de plateaux se décomposant en bandes parallèles se relayant de l'Est-Sud-Est à l'Ouest-Nord-Ouest. Les principales hauteurs françaises se groupent dans la région occidentale de la chaîne : Campbieil, Pic Long, Neouvielle et Pic du Midi de Bigorre dressent des sommets à plus de 3.000 mètres. A l'Est du Neouvielle, les hauteurs diminuent et se tiennent sans exception au-dessous de 3.000 mètres. Comparées aux Alpes, les Pyrénées ont donc, dans leur ensemble, moins de dénivellation à offrir aux eaux courantes, mais cette infériorité est compensée par des conditions particulières. L'altitude absolue n'est pas en effet le seul élément à considérer, il faut aussi tenir compte de la pente. Or, les Pyrénées sont limitées presque tout au long par des plaines très basses. Au pied du Canigou, haut de 2.785 mètres, s'étend la plaine effondrée du Roussillon dont l'altitude varie de 100 à 200 mètres. La plaine de l'Aude, celle de Toulouse sont également très basses, Toulouse est moins élevée que Lyon. Si le plateau

d'Armagnac vient s'appuyer à la montagne au droit du débouché de la Neste, plus loin la plaine de Tarbes, élevée de 300 mètres, s'avance jusqu'au pied des chaînes de Bigorre, et la vallée du gave de Pau circule comme un fossé profond le long des Pyrénées occidentales.

Or, la montagne tombe brusquement, comme d'un seul coup sur ces plaines, de la même façon que les Alpes italiennes occidentales s'écroulent sur la plaine du Pô. Tandis que dans les Alpes françaises, chaînes et massifs s'abaissent peu à peu sur la dépression rhodanienne, ici, la haute montagne se trouve en contact presque immédiat avec la plaine, ainsi entre les 2.877 mètres du Pic du Midi de Bigorre et les 300 mètres de la plaine de Tarbes, il n'y a pas 30 kilomètres. Le bassin du Gave de Pau, en amont de Lourdes, a 36 % de sa masse au-dessus de 2.000 mètres, or, à Lourdes, l'altitude du talweg n'est que de 350 mètres. De même le bassin de la Neste, en amont de Sarrancolin (600 mètres), comporte 31 % de son étendue au-dessus de 2.000 mètres; celui de la Garonne, en amont de Saint-Beat (490 mètres), 30 %; celui de l'Ariège, en amont de Foix (400 mètres), 21,5 %. Il y a donc bien chute brusque de la montagne sur la plaine, et cette circonstance rachète la moindre altitude d'ensemble du massif.

D'autre part, dans le détail, les conditions de structure valent aux pentes des différents talwegs, une raideur particulière. Les Pyrénées sont beaucoup moins creusées, évidées, que les Alpes, en

d'autres termes leur relief est moins évolué. La plupart des vallées pyrénéennes sont des vallées transversales, tendues directement de la masse montagneuse vers la plaine, avec une déclivité particulièrement raide, pouvant aller jusqu'à 80 p. 1000 et au delà dans leur partie supérieure. Plusieurs d'entre elles sont de véritables vallées suspendues, souvent munies de bassins lacustres, *d'oules*, raccordées par de véritables abrupts avec la vallée principale. Du nombre, sont ces profondes entailles, qui, des hauteurs du Carlitte et du haut massif d'Andorre débouchent au-dessus de l'Oriège, de l'Ariège et du Vicdessos ; de même pour les déversoirs du Neouvielle, ou encore la brusque rupture de pente qui raccorde le bassin glaciaire de Lescun avec le fond de la vallée d'Aspe. C'est au pied de ces raides déclivités que l'industrie hydro-électrique trouve ses plus grandes hauteurs de chute, 940 mètres à Orlu, 800 à Oo et à Caillaouas, 715 à Eget.

Au-dessous, les pentes diminuent, mais demeurent très suffisamment inclinées et très inégales. Creusées au travers de bandes de terrains de consistance différente, la plupart des vallées pyrénéennes sont, en effet, formées d'une succession de bassins étagés où les eaux s'attardent pour bondir ensuite en cascades par-dessus les seuils restés intacts. Cet état de chose facilite grandement l'installation de barrages et de chutes. De tout temps, les petites industries se sont fixées de préférence dans ces endroits privilégiés. Aujourd'hui, les industries hydro-électriques

font à leur tour leur apparition, attirées au surplus par la déclivité de la pente générale très suffisamment accentuée (44 p. 1.000 sur le Gave d'Azun, entre Arrens et Argelès; 28 p. 1.000 sur le Gave d'Ossau dans la traversée du Hourat). C'est la région des moyennes chutes (200 mètres, 100 mètres, 50 mètres) avec des débits déjà grossis par l'effet d'une première concentration des eaux.

Donc, bien que leur altitude soit inférieure, les Pyrénées françaises offrent, à l'aménagement hydro-électrique, des déclivités aussi favorables que les Alpes. Elles en présentent même jusqu'au débouché des vallées dans la plaine. Sans doute, ici, la pente diminue, le courant est moins violent, le lit s'élargit et manque de fixité et ce sont là conditions défavorables. La valeur hydraulique de l'Adour dans la plaine de Tarbes, celle du Gave de Pau entre Nay et Orthez, celle de la Garonne en aval de Carbonne et de l'Ariège, entre Pamiers et Toulouse, sont fort diminuées.

Pourtant, cette région est loin d'être déshéritée à l'égard des forces. Tout d'abord, c'est la zone où les torrents se rassemblant, roulent de gros débits, et, d'autre part, ces torrents devenus des fleuves se heurtent à des obstacles. En allant de l'Est à l'Ouest, nous rencontrons le Plantaurel et la chaîne des Petites Pyrénées, franchies respectivement par la Touyre à Lavelanet, par l'Ariège à Foix et par l'Arize au Mas d'Azil. Au centre et à l'Ouest, les cours d'eaux se heurtent à de puissants cônes de déjections, tels

que Lannemezan, Ger et Buzy qui les arrêtent brusquement et les dévient de leur cours. La Garonne, la Neste, les Gaves de Pau et d'Ossau se voient ainsi forcés de se créer un nouveau parcours et rencontrent de la sorte, chemin faisant, les plis calcaires disposés latéralement sur le front de la chaîne. Ils les franchissent par des défilés étroits et très inclinés. La Garonne se fraie un passage entre Lestelle et Boussens ; le Gave de Pau se faufile entre Lourdes et Nay, et le Gave d'Ossau emprunte un cañyon sinueux entre Arudy et Oloron.

Enfin, tout à fait à l'Ouest, les calcaires crétacés et tertiaires se dressent une dernière fois sur le chemin des Gaves de Pau et d'Oloron.

Il règne ainsi le long de la lisière pyrénéenne, une rangée presque continue de défilés très favorables à l'aménagement de barrages et de prises d'eau, et le groupe industriel qui s'y est fixé ou qui s'y fixe n'a guère son équivalent dans les Alpes.

CHAPITRE II

Les pluies et les neiges.

**Les Pyrénées ont donc de la pente.
Elles ont aussi, en abondance, de l'eau.**

Dressées brusquement au-dessus de plaines basses, proches de l'Atlantique, exposées au vent du Nord-Ouest et de l'Ouest, les Pyrénées reçoivent des précipitations considérables, au moins aussi élevées que celles qui assaillent les Alpes. Déjà la comparaison entre Alpes sèches et Pyrénées sèches tourne à l'avantage de celles-ci. Montlouis, Puymorens, Prats de Mollo, dans les Pyrénées catalanes, reçoivent des pluies plus abondantes que Briançon, la Mure, Sisteron, Digne; seules font exception les Alpes maritimes fouettées par les vents du Sud-Est du golfe de Gênes. Mais à partir du Carlitte, vers l'Ouest, l'abondance des précipitations pyrénéennes devient magnifique, et paraît partout supérieure à celle des Alpes du Nord. Voici dans l'Ariège, Ax-les-Thermes avec 1.140 millimètres, Saurat avec 1.775 millimètres, Saint-Lary avec 1.348 millimètres, Aulus avec 1.580 millimètres; dans la partie centrale, des fonds de vallées comme Argelès, comme Bagnères-de-Bigorre reçoivent 1.220 et 1.483 millimètres; le

flanc méridional du Pic du Midi à 2.360 mètres, 2.295 millimètres et le poste de Caillaouas 2.720 ; dans l'Ouest enfin, Oloron, au pied de la montagne 1.415 millimètres ; Laruns dans une vallée abritée 1760 ; Saint-Jean-Pied-de-Port 1.360. Enfin Arragorri sur la côte même 1.836 millimètres. Nulle part les vallées alpines ne présentent de chiffres aussi importants. Quant aux énormes précipitations de 3 à 4 mètres qui commencent à se révéler dans les Pré-Alpes du Nord elles ont vraisemblablement leur équivalent dans les montagnes de l'Aspe, de l'Ossau, du Lavedan.

Dans l'ensemble de la chaîne, les pluies les plus abondantes tombent en deux périodes : avril-juin, octobre-novembre. Aux deux extrémités de la chaîne apparaît un troisième maximum en saison froide (janvier).

LES GLACIERS ET LES LACS.

Il faut bien le dire les glaciers des Pyrénées sont très peu importants. Leur superficie totale atteint tout au plus, et sur les deux versants, 40 kilomètres carrés. A ces petites dimensions, il faut ajouter un faible débit. Leur influence n'est pas cependant complètement négligeable, loin de là, elle se fait nettement sentir sur le régime des cours d'eaux et plus particulièrement en ce qui concerne la Garonne et ses tributaires, et le Gave de Pau et ses affluents. Les glaciers de quelque importance n'existent que dans la partie centrale autour de la Maladetta, les

autres glaciers n'étant guère que des traînées de neige amoncelées sur les flancs des montagnes par les remous des vents. Il en résulte que les puissances hydrauliques pyrénéennes, alimentées plus particulièrement par les chutes de pluies, ont un régime caractérisé par des variations très irrégulières et dont la correction ne peut être effectuée que par un réservoir régulateur. On n'ignore pas les difficultés souvent énormes que peut présenter l'établissement de réservoirs artificiels. Heureusement, les Pyrénées possèdent des réservoirs régulateurs naturels de premier ordre. Nous voulons parler des lacs.

Dans leur état actuel les lacs pyrénéens sont des bassins de médiocre superficie, mais ils rachètent largement cette infériorité par leur nombre et par leur profondeur.

Le massif de Neouvielle n'en possède pas moins de 56; le Carlitte sur son seul versant oriental en compte une cinquantaine. Un très petit nombre situés en bordure de la chaîne et à faible altitude sont des lacs de barrage morainique, peu étendus et peu profonds. Tous les autres sont des lacs de forte altitude, des cavités creusées par les glaciers sur le pourtour ou à l'intérieur des grands massifs archéens ou granitiques. Ils se divisent en trois groupes qui sont de l'Est à l'Ouest : le massif de Carlitte au centre, la région lacustre du Val d'Aran, en territoire espagnol; enfin à l'Ouest, le massif du Neouvielle le plus connu et le mieux aménagé de tous. Il n'est guère de torrents dans ces régions qui ne

s'attardent en quelque cavité, tantôt occupée par la masse profonde des eaux, tantôt abandonnée par elles, et presque toujours d'un aménagement facile pour la régularisation de son déversoir.

Si ces lacs sont nombreux ils sont aussi très profonds. Certains d'entre eux sont de véritables gouffres. Le lac Bleu ou de Lesponne atteint 120 m. ; le lac de Callaouas, 100 mètres ; le lac d'Artouste 85 mètres. Leur contenance totalisée est énorme. Les quatre lacs d'Orredon, Aumas, Aubert et Cap de Long retiennent à eux seuls 20 millions de mètres cubes d'eau. Si l'on ajoute que le plus grand nombre de ces lacs se trouvent situés entre 2.000 et 2.500 m. et rarement au-dessous, on peut facilement imaginer l'énergie latente représentée par ces énormes masses d'eau suspendues. Ce sont des réserves de force d'une valeur incommensurable, qui ont, sur celles que fournissent les glaciers, l'avantage d'être toujours et immédiatement disponibles à n'importe quel moment de l'année et à toute heure.

DÉBIT ET RÉGIME DES COURS D'EAU PYRÉNÉENS.

Bien que ce sujet ait fait l'objet d'un certain nombre d'enquêtes et d'études officielles, on ne possède pas de chiffres certains sur le régime des cours d'eau pyrénéens.

Une première remarque cependant. Les débits vont croissant de l'Est à l'Ouest dans la région montagneuse. C'est ainsi que si l'on compare les débits

moyens annuels par kilomètre carré de chaque bassin, on passe de 21 litres pour le Têt, à 57 litres pour le Gave d'Aspe. Entre ces deux extrêmes, on trouve 23 litres pour l'Aude, 37 pour l'Ariège, 48 pour le Salat, particulièrement bien alimenté, 38 pour la Neste, 44 pour le Gave de Pau et près de 48 pour le Gave d'Ossau. Ces derniers chiffres soutiennent facilement la comparaison avec ceux des rivières dauphinoises ou savoyardes. Ils sont très supérieurs à ceux observés dans les Alpes au sud du Pelvoux.

En plaine, du fait de la concentration des eaux, les débits s'accroissent de façon importante. A Carbone, après qu'elle a reçu le Salat et l'Arize, la Garonne roule 127 mètres cubes, à Portet en aval du confluent de l'Ariège, 214 mètres cubes. A Orthez le Gave de Pau a 96 mètres cubes et le Gave d'Oloron grossi du Saison guère moins. Si l'on totalisait ces derniers débits on obtiendrait un chiffre sensiblement égal à celui de la Garonne pour une aire de drainage moins étendue.

En ce qui concerne le régime des eaux, il faut distinguer nettement les trois régions orientales, centrales et occidentales. Dans le secteur méditerranéen les torrents sont assez bien pourvus d'eau en hiver. L'été est la période d'étiage. Les hautes eaux surviennent au printemps (avril-mai) avec une seconde montée plus courte en octobre-novembre, et incidemment une troisième en janvier.

Dans la région centrale, deux périodes de hautes eaux. La première, la plus longue, se place entre le

15 mars et le 15 août, provoquée par la fusion des neiges. La seconde, conséquence directe de la fonte des premières neiges et des pluies de l'équinoxe d'automne, s'encadre entre le 15 septembre et le 15 novembre. Deux périodes de basses eaux se plaçant respectivement entre le 15 novembre et le début d'avril, et la fin de juillet et le milieu de septembre.

On voit qu'il existe, entre les hautes eaux d'été et les hautes eaux d'automne, une sorte de palier. Ce palier, d'autant plus haut et plus court, que les régions qui alimentent le cours d'eau observé, sont plus élevées, mieux pourvues de neige et de glaciers (Lys, Neste, Gave de Pau) ; d'autant plus bas et plus long, que les sommets sont plus bas et que les glaciers font défaut (Ariège, Salat, Gave d'Aspe).

Arrivés en plaine, les cours d'eaux issus des Pyrénées centrales ont, tous, leur principal étiage en été. C'est le cas de la Garonne à Carbonne et à Toulouse, du Gave de Pau à Orthez. C'est qu'ici, le tribut des glaciers disparaît et se perd dans la masse des eaux pendant la saison chaude, tandis que les pluies prédominent sur les neiges pendant la saison froide.

Les rivières des Pyrénées occidentales ont uniformément trois périodes de hautes eaux : une période principale, correspondant à la fusion des neiges, qui va de mars à juillet ; une seconde qui s'étend de la fin de septembre à la fin novembre ; enfin, une troisième poussée en plein hiver, janvier-février.

Les basses-eaux se placent en décembre, en mars, et de juillet à septembre. Les plus basses sont celles de l'été.

Nous en avons ainsi fini avec l'étude des conditions topographiques de la production de l'énergie électrique dans les Pyrénées. Il en ressort clairement, que ce massif montagneux offre des ressources de tout premier ordre à l'exploitation de l'industrie hydro électrique. Sans doute, comparées aux Alpes, elles offrent un double désavantage, celui d'être moins élevées et d'avoir par conséquent moins de hauteur de chute, et celui d'avoir des débits moins abondants. Mais, nous avons pu constater que les Pyrénées rachetaient une bonne part de ces désavantages par une multiplicité d'avantages topographiques et surtout par l'existence sur ses flancs de ces admirables réservoirs naturels, *les lacs*, réserves formidables d'énergie latente et organes splendides de régularisation.

Il nous reste maintenant à étudier les réalisations industrielles, auxquelles ces magnifiques conditions ont donné naissance.

DEUXIÈME PARTIE

LES INDUSTRIES HYDRO-ÉLECTRIQUES DANS LES PYRÉNÉES

Quiconque, s'est occupé de problèmes de houille blanche, a été à même de constater l'extrême variabilité des chiffres qui lui sont soumis. Cette imprécision s'explique tout d'abord par la difficulté qu'il y a, à exprimer en chiffres, des forces aussi variables que celles engendrées par les cours d'eau. Pour remédier dans la mesure du possible à cette imprécision nous avons adopté les chiffres admis dans les documents officiels qui ont, du moins, le mérite d'avoir les mêmes bases et d'être par conséquent exactement comparables. Nous éviterons de la sorte de voir l'énoncé des puissances, varier du simple au double, suivant qu'il est fourni par le propriétaire, ou les usagers, ou le service de contrôle.

D'autre part, pour limiter notre étude, nous avons dû nous borner à étudier les installations et industries situées dans les départements en bordure de la chaîne des Pyrénées, c'est-à-dire : Basses-Pyrénées, Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne, Ariège, Aude, et Pyrénées-Orientales. L'interconnexion des différents bassins nous mènerait sans cela à un travail par trop vaste.

CHAPITRE PREMIER

Quelques chiffres

Avant d'étudier l'aménagement des chutes d'eau pyrénéennes, il paraît intéressant d'établir quelques comparaisons entre les aménagements réalisés dans les différentes régions de la France. Malheureusement, les indications publiées à ce sujet ne sont que de simples évaluations et ne reposent, d'après leurs auteurs eux-mêmes, que sur des bases incertaines. Elles ont cependant été établies avec le plus grand soin et nous pouvons nous en contenter.

1° En ce qui concerne la *Puissance disponible*, les statistiques officielles nous donnent les chiffres suivants :

Régions

Alpes septentrionales.....	2.000.000 C. V.
Alpes méridionales.....	2.600.000 C. V.
Massif Central, Vosges, Jura....	1.800.000 C. V.
Pyrénées.....	2.000.000 C. V.
Reste du territoire.....	800.000 C. V.
Soit pour la France entière :	<u>9.200.000 C. V.</u>

Ces chiffres permettent des comparaisons fort intéressantes. Ils donnent à la France la première place en tête de toutes les nations européennes.

Voici en effet la liste des différents états telle

qu'elle a été établie par le *rapport général sur l'Industrie française*, publié en 1919 par la Direction des Etudes techniques du Ministère du Commerce :

France.....	9.200.000 C. V.
Norvège.....	7.500.000 —
Suède.....	6.750.000 —
Autriche-Hongrie.....	6.450.000 —
Italie.....	5.500.000 —
Espagne.....	5.000.000 —
Suisse.....	3.000.000 —
Allemagne.....	1.450.000 —
Grande-Bretagne.....	396.000 —

Si maintenant, au lieu de considérer la puissance potentielle nous cherchons à déterminer la *puissance installée*, c'est-à-dire la puissance utilisée dans les usines, nous avons les chiffres suivants :

France.....	2 000.000 C. V.
Norvège.....	1.630.000 —
Suède.....	1.230.000 —
Italie.....	1.300.000 —
Suisse.....	1.200.000 —
Espagne.....	880.000 —
Allemagne.....	530.000 —

Ces chiffres comme nous l'avons dit plus haut expriment la *puissance installée*, c'est-à-dire l'énergie que fournirait l'ensemble des usines de chaque pays si toutes les turbines marchaient simultanément. Ils fournissent donc des données supérieures à la réalité. Mais les statistiques qui donnent pour un pays le nombre de chevaux des appareils à vapeur

ne disent pas si ces appareils fonctionnent. Elles disent seulement qu'ils peuvent fonctionner et indiquent le travail qu'ils peuvent faire. Il en est de même des appareils hydroélectriques. Il serait intéressant de connaître le rapport des forces aménagées avec les forces disponibles. On mesurerait ainsi l'effort accompli par les divers Etats en vue de l'utilisation de leurs ressources hydrauliques. Mais ce calcul suppose une connaissance exacte des forces disponibles. Les chiffres que l'on pourrait donner n'auraient d'autre part qu'une valeur toute provisoire. Néanmoins M. Marlio croit pouvoir affirmer que l'Allemagne est le pays possédant le meilleur coefficient d'utilisation avec environ 30 %, puis vient la Suisse, la France n'utilise que 20 % de sa puissance disponible. D'où nous pouvons déduire que la France possède une situation privilégiée au point de vue des réserves d'avenir et une situation simplement moyenne au point de vue de l'installation déjà réalisée.

Et les Pyrénées, quel rôle jouent-elles dans ces statistiques ?

Nous avons vu plus haut, qu'on évaluait à environ 2.000.000 C. V. la puissance disponible qu'elles recélaient.

Si nous rapprochons de ce chiffre la puissance normale des usines installées, telle qu'elle ressort des statistiques publiées par le Ministère des Travaux publics soit : 380.000 C. V., nous constatons que le coefficient d'utilisation dans cette région

atteint environ 20 % Cependant M. Ader, Ingénieur des Ponts et Chaussées, estime qu'étant donné l'appropriation facile de forces utilisables encore inexploitées il faut s'attendre à voir ce coefficient porté à 45 ou 50 %, ce qui représente 800.000 à 900.000C. V.

CHAPITRE II

Début de la houille blanche dans les Pyrénées

Malgré les facilités d'exploitation, l'industrie de la houille blanche est, dans les Pyrénées, de date récente. Les Pyrénées avaient cependant un passé et des traditions qui semblaient devoir favoriser l'utilisation rapide des ressources hydrauliques. De tout temps les industries indigènes se servirent des torrents de la montagne. Du jour où l'on sut utiliser cette énergie pour actionner les dynamos, les Pyrénées ne restèrent pas en retard. Dès 1888, Toulouse s'éclairait au moyen d'une chute d'eau, *la première entre les grandes villes françaises*.

Par la suite, malheureusement les progrès demeurèrent très lents et très inégaux. Beaucoup de petits industriels adoptèrent l'outillage électrique pour accroître le rendement de leurs turbines. On aménagea un peu partout de petites chutes pour l'éclairage des villes d'eau, de communes rurales.

Il y eut ainsi de côté et d'autres une poussière de petites installations de peu d'importance, fixées, bien entendu aux endroits les plus propices. Ce développement fragmentaire n'a pas été sans offrir par la suite de grosses difficultés à l'installation

d'industries puissantes susceptibles de grosses extensions.

Avant 1914, les grandes usines restèrent rares, limitées presque exclusivement aux vallées de la région orientale. Plus de la moitié de l'énergie électrique produite à cette époque dans les Pyrénées était l'apanage des deux départements de l'Est de la chaîne. La guerre a complètement modifié cette situation. Le total des forces aménagées est passé de 145.000 C. V. à 380.000 environ. En même temps, il se créa une répartition des forces beaucoup plus conforme aux aptitudes de chaque région. C'est maintenant le groupe des usines de l'ouest : celles de la Pique, des Nestes, du Gave de Pau, bientôt, celles de la Garonne et des Gaves béarnais qui occupent la première place et fournissent le plus fort contingent d'énergie. Les établissements à l'Est de la Garonne sont nettement distancés. Quant aux usines de basse chute, qui de Foix à Orthez jalonnent la lisière montagnaise, elles bénéficient du progrès général. Leur facilité d'accès, le régime plus égal des eaux qu'elles utilisent, semblent dès à présent les destiner à jouer un rôle de fixation pour les industries pyrénéennes. Toulouse en est le poste avancé. Elle s'organise pour devenir la capitale industrielle de la région, être pour les Pyrénées ce qu'est Grenoble pour les Alpes.

TROISIÈME PARTIE

UTILISATION ET APPLICATIONS DU COURANT ÉLECTRIQUE

Les applications du courant électrique sont d'ordre infiniment varié. On peut cependant les diviser aisément en trois groupes principaux qui sont :

- 1° La lumière et la force mécanique ;
- 2° Les transports ;
- 3° L'électrochimie et l'électrométallurgie.

Nous allons étudier successivement le développement de ces trois grands groupes d'utilisation.

CHAPITRE PREMIER

La lumière et la force mécanique

Inutile de s'étendre sur les multiples avantages que présente l'éclairage électrique sur les autres sources de lumière : son éclat, son faible prix de revient, son innocuité et surtout la facilité et la rapidité de son maniement. Son succès était certain et rapide. C'est au point que l'éclairage est aujourd'hui l'application la plus répandue et la plus vulgarisée du courant électrique. Dans les régions où l'industrie est encore peu développée elle constitue la presque unique utilisation de cette forme d'énergie.

La fonction mécanique du courant électrique est à la fois très puissante et infiniment variée.

Dans l'industrie, elle suffit à toutes les besognes et commande les outils les plus différents. Dans la métallurgie, son utilisation est universelle, elle actionne tous les instruments possibles ; elle commande des trains de laminoir, des ponts roulants, des appareils de levage. Par aimantation, elle soulève des poids énormes. Le courant électrique est capable de mettre en mouvement des moteurs de toutes puissances du plus grand au plus petit. Par là, il permet la diffusion du petit moteur d'atelier et de

travail artisanal. Ceci est particulièrement important et comme nous le verrons par la suite, très nombreuses sont dans les Pyrénées, les petites industries familiales ou artisanales qui doivent leur existence à l'électricité.

Nous ne parlons que pour mémoire des multiples applications ménagères de la fée électricité, dans les maisons et appartements, depuis les ascenseurs jusqu'aux aspirateurs de poussières et radiateurs.

Dans les campagnes, l'énergie électrique est aussi précieuse. Elle laboure la terre, bat le blé, vanne le grain, fait le beurre. Elle coupe les racines, hache la paille, presse le fourrage, égrappe le raisin, chauffe les couveuses. Elle élève l'eau, actionne les pompes, etc..., etc. Il y a cependant, ici quelques réserves à faire. L'électrification rurale présente un certain nombre de difficultés, résultant non seulement des conditions géographiques et topographiques de la région considérée, mais encore des conditions sociales et de l'organisation de l'existence des habitants. Dans l'ensemble cependant, on peut dire que l'utilisation de l'énergie électrique, comme lumière et comme force motrice, est pour l'humanité un immense bienfait.

Voyons maintenant quelles sont ses applications pratiques dans les Pyrénées.

LA RÉGION OCCIDENTALE. — Comme on a pu le voir au début de notre étude, l'industrie hydro-électrique se trouve favorisée par l'abondance des accidents de détail, le long de cours d'eau à profil très acci-

denté, et surtout par le régime des pluies qui sont à la fois très abondantes et bien réparties dans l'année.

Cette région a toujours été une terre de prédilection pour les petites industries rurales. La fabrication des sandales, le tissage du coton et du juste, le travail du cuir, la mouture du blé et du maïs, la fabrication du chocolat, se sont accommodés on ne peut mieux de l'énergie de la houille blanche. Il a surgi une multitude de petites usines productrices de force, surtout aux environs de Mauléon.

D'autre part, les établissements industriels du Boucau, avec leurs forges, leurs fonderies, leurs laminoirs, les fabriques de produits chimiques installées sur les bords de l'Adour en aval de Bayonne, consomment de grosses quantités de courant. En ce qui concerne l'éclairage électrique, il règne sur toute la contrée. Les plus petites communes, comme les villes importantes, et en particulier les villes d'eaux et villégiatures qui s'étendent le long de la côte, sont toutes éclairées par l'électricité. Abstraction faite des installations d'importance trop secondaire, il n'y a pas moins de trente usines hydro-électriques dans le seul département des Basses-Pyrénées, affectées à la production du courant nécessaire à l'éclairage et aux besoins de l'industrie.

Les plus importantes sont celles de Licq-Athérey de Banca et des Forges d'Abel.

La première, actionnée par les eaux du Gave de Saint-Engrace, fournit 8.000 C. V. et appartient aux

Chemins de fer du Midi. La seconde s'élève sur les bords de la Nive. Elle dispose d'une force de 4500 C. V. transportée à Bayonne par une ligne de 50 kilomètres. La troisième utilise les eaux du Gave d'Aspe et développe 3.000 C. V.

LA RÉGION CENTRALE. — C'est la région la plus importante à tous les points de vue. En étendue puisqu'elle comprend les départements des Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne et Ariège, et en installations puisqu'elle renferme toutes les principales usines. Pour l'étudier avec quelque clarté, il est nécessaire de diviser cette région en deux groupes : la région montagneuse proprement dite et la lisière pyrénéenne.

A. — *La région montagneuse*

Contrairement à ce qui se rencontre dans la région occidentale des Pyrénées, les petites industries rurales et autres sont ici fort peu nombreuses. Il devient dès lors, difficile de faire une distinction entre les installations produisant du courant destiné à l'éclairage et à la force mécanique, et celles réservant plus spécialement le fluide produit, aux transports et à l'électrochimie, etc... La plupart des grandes usines que nous rencontrerons vendent leur énergie pour tous les usages.

Sur le Gave d'Aspe et son affluent le Lourdios, se trouvent les usines de la Société des Forces motrices de la vallée d'Aspe. Incomplètement

installées pour le moment elles comprendront par la suite sept usines conjuguées. Les trois usines actuellement en service aux Forges d'Abel 3.800 CV, à Esquit 6.000 CV et à Estaens 4.000 CV, distribuent une bonne part de leur énergie à l'éclairage et à la force mécanique dans les régions des Basses-Pyrénées, Landes, Gers, Lot-et-Garonne et plus particulièrement dans la région de Pau, Oloron, Bayonne. La haute vallée d'Ossau est actuellement aménagée par les Chemins de fer du Midi (1). Une partie du courant produit et plus particulièrement celui fourni par l'usine de Miegebat, sur le Gave d'Ossau, servira à des usages industriels dans la région. Sur le Gave d'Arrens, affluent du Gave de Pau, les usines d'Arrens et d'Arras 900 CV associées avec l'usine de Montgaillard sur l'Adour, fournissent de la lumière et de la force aux plaines voisines de la Bigorre et du Béarn.

Le rôle de l'Adour comme pourvoyeur de forces motrices a toujours été considérable. C'est grâce à lui que fonctionnent de multiples scieries, fabriques de meubles, de wagons, marbrerie et tissages de laine. L'usine de Chiroulet 1.500 CV, celle de Montgaillard 800 CV et celle de Gripp 4.000 CV donnent à la plaine située entre Tarbes et Bagnères, l'énergie nécessaire à de nombreuses petites industries. L'usine de Montgaillard éclaire un grand nombre de communes et pourvoit au fonctionnement de l'arsenal de Tarbes.

1. Voir *infra*, p. 41.

En nous dirigeant vers l'Est nous rencontrons les usines édifiées sur la Neste, qui, leur aménagement complètement terminé, fourniront plus de 130.000 CV. Un contingent considérable sera vraisemblablement mis en distribution.

Le bassin de la Pique admirablement aménagé est tout spécialement adonné à l'électrochimie et à l'électrométallurgie.

Cependant une partie de l'énergie électrique du lac d'Oo est utilisée à Marignac, au débitage des bois.

La Garonne, fort mal aménagée, possède cependant à Eup une usine de basse chute qui fournit la force motrice aux carrières de Saint-Beat. Le bassin du Salat ne fait pas non plus très brillante figure. Les installations qu'on rencontre sont de très médiocre importance bien qu'assez nombreuses. Elles ont en général moins de 500 CV. En plus de la lumière, elles fournissent l'énergie nécessaire à un grand nombre de petites industries : des papeteries, des moulins, quelques tissages. Les principales sont : l'usine d'Engomer 500 CV (papeterie), Lorp célèbre pour avoir été le berceau d'Aristide Bergès. Aux environs de Saint-Girons, l'usine de la Moulasse. Enfin sur le Haut Salat l'usine de Couflens consacrée à la fabrication de la pâte mécanique de bois. Le bassin de l'Ariège assez bien aménagé, renferme entre autres, l'usine de Mercus 5.500 CV qui produit du Corindon artificiel, destiné à la fabrication des meules dites emeri.

Enfin sur l'Ariège, l'usine d'Orlu inaugurée en 1910 est alimentée par le torrent de Gnoles, déversoir du lac de Naguilhes, qui lui parvient par une chute de 936 mètres, une des plus hautes du monde. Elle fournit une puissance de 17.500 CV. Aux époques de basses eaux, elle dispose des réserves du lac de Naguilhes. La Société Pyrénéenne d'énergie électrique, qui l'exploite fournit de la lumière et de la force mécanique à 160 communes de l'Ariège, de la Haute-Garonne, du Gers, du Tarn-et-Garonne, de l'Aude et du Tarn. Elle actionne les tissages de Lavelanet, et atteint les régions industrielles d'Albi et de Carmaux, se rattachant ainsi aux usines d'énergie électrique du Massif central. Nous en avons ainsi fini avec les principales usines de la région montagneuse des Pyrénées centrales, fournissant de la lumière et de la force mécanique. Ajoutons une fois encore que cette liste est forcément incomplète, la plupart des usines destinées à fournir de l'énergie aux transports comme à l'électrochimie et à l'électrométallurgie, cédant le plus souvent leurs excédents de puissance, à de petites industries ou à des localités qu'elles éclairent.

B. — *La lisière pyrénéenne*

Cette région est particulièrement intéressante à étudier. De même que dans la région occidentale que nous avons déjà passée en revue, les petites industries tant rurale qu'urbaine foisonnent. C'est

ainsi que sur le Gave d'Ossau s'est créé un petit centre industriel à Arudy. Le Gave obligé de se frayer un chemin à travers de nombreux plis calcaires, va de cascades en cascades qui ont toutes été aménagées. On y débite le marbre et la pierre de taille. De nombreux tissages ou cardages de laines se sont donnés rendez-vous sur ses rives. Les fabriques de toiles à sandales sont également nombreuses. A Oloron s'est créé, toujours sur le Gave, un petit centre industriel semblable à celui d'Arudy. Là aussi le travail de la laine (bérêts, ceintures, couvertures) le tissage du coton et du jute sont en honneur.

Il faut y ajouter des tanneries et des fabriques de chaussures. La région oloronaïse, du fait de l'achèvement de la ligne Pau-Saragosse, doit connaître un grand développement économique. Le Gave de Pau, suit exactement le sort de son affluent le Gave d'Ossau. Entre Lourdes et Nay se sont développées de nombreuses industries spécialisées. Les scieries, ateliers de menuiserie, papeteries, moulins, filatures de laine et de coton, tissages, etc... s'échelonnent sans répit. L'usine de Peyrouse fournit à cette région l'éclairage nécessaire. Entre Saint-Pé et Montaut, une usine de 2.000 C. V. distribue également la lumière. Enfin le groupe industriel de Coarraze, de Nay et de Mirepeix, fait pour ses usines une importante consommation de courant, en même temps qu'il alimente en force et en lumière, les nombreuses agglomérations de la vallée jusque et y compris Pau. Plus bas, entre Orthez et Puyoo,

l'usine de Castebarbe, 2.000 C. V., distribue la lumière et la force au nord du Gave jusqu'à Dax. L'usine de Puyoo éclaire Salies de Béarn et l'alimente d'eau potable.

La Garonne, grossie du Salat, traverse, entre Lestelle et Boussens, une série de bordures calcaires très favorables à l'aménagement de chutes et d'usines. L'industrie n'a pas manqué de profiter de conditions aussi favorables. Il s'est formé là aussi un groupe aussi intéressant et actif. On compte plusieurs papeteries à Labarthe-Inard et Saint-Martory. L'usine de Touille fabrique des instruments aratoires. A Mazières et Roquefort trois usines de 1.000 C. V. fabriquent de la pâte à papier. Les projets d'aménagements sont fort nombreux, certains en voie de réalisation rapide, grâce à l'activité des échanges, le long de la voie ferrée de Bayonne à Toulouse.

Le cours inférieur de l'Ariège n'a rien qui retienne particulièrement l'attention. Les usines de la Société des Forces motrices de l'Ariège, principalement celles de Foix, Las Rives et Las Myanes fournissent la force motrice aux usines de Pamiers, soit 6 à 8.000 C. V., ainsi que le courant nécessaire à l'éclairage.

Nous en avons ainsi fini avec l'étude des ressources en force mécanique et lumière que possède la région centrale des Pyrénées.

LA RÉGION ORIENTALE.

Elle a été aménagée la première grâce à ses hautes chutes et à la proximité des villes nombreuses et importantes ainsi que des plaines riches. Les torrents inférieurs actionnent une poussière de petites usines de puissance infime, telles que soieries, moulins, papeteries et pressoirs à huile.

L'Aude, avec ses trois usines de Saint-Georges 3.500 C. V., Gesse 10.000 C. V. et Escouloulre 9.000 C. V., propriété de la Société méridionale de Transport de Force, fournit de lumière et de force plus de 100 communes de l'Ariège, des Pyrénées Orientales et surtout de l'Aude, telles que Lavelanet, Carcassonne, Narbonne, Béziers et Perpignan.

Sur le Tet presque entièrement monopolisé par les Chemins de fer du Midi, qui y installent les usines destinées à alimenter leur ligne de Perpignan à Bourg-Madame, on trouve cependant à Villefranche et à Vinça de petites usines qui fournissent de la lumière aux communes de la vallée.

Enfin le Tech supérieur actionne deux petites stations (Puig-Redon et Pas-du-Loup) d'un total de 1.200 C. V. consacrés à l'éclairage.

CHAPITRE II

Les transports

La traction des véhicules est certainement avec l'éclairage, la plus ancienne des applications de l'énergie électrique. Limitée, au début, à la circulation intérieure dans les villes, elle a fait par la suite des progrès si importants que dans beaucoup de pays elle tend à se substituer à la traction à vapeur. Ceci s'explique par les avantages énormes qu'elle présente sur cette dernière. Ces avantages sont à la fois d'ordres technique et économique.

Du point de vue technique le moteur électrique aussi souple que robuste, supporte sans inconvénients des surcharges brusques et répétées, et ainsi les convois qu'il traîne, peuvent admettre un nombre variable de voitures et de voyageurs aux diverses stations d'une ligne. Ces stations peuvent du reste être multipliées grâce à la rapidité de la mise en marche et à la facilité des arrêts qui évitent les pertes de temps et assurent aux voyageurs une plus grande sécurité. Enfin, la traction électrique s'adapte aux fortes rampes. La locomotive électrique accède à des régions que ne peut atteindre la locomotive à vapeur. Les tracés se trouvent abrégés, les tunnels de base supprimés, les autres raccourcis.

Au point de vue économique, les avantages de la traction électrique se révèlent de premier ordre. Le plus remarquable de tous, c'est la très faible déperdition d'énergie utilisable. Alors que les générateurs à vapeur gaspillent une énergie énorme en utilisant à peine 10 à 20 % de l'énergie du combustible, et en exigeant la mise préalable sous pression, le moteur électrique, par contre, ne consomme du courant que dans les moments où il effectue un travail utile. D'autre part, la traction électrique réclame moins de main d'œuvre que la traction à vapeur. Ces avantages, déjà considérables, sont communs à tous les cas où l'on applique l'énergie électrique à la traction, le courant fut-il d'origine thermique. On devine par conséquent l'importance des économies qui peuvent être réalisées dans les pays peu riches en charbons, et au contraire riches en eaux courantes. Chez eux l'électrification s'impose de toute évidence.

L'organisation des réseaux de distribution est naturellement beaucoup plus simple qu'elle ne l'est, quand il s'agit de fournir de la lumière ou de la force motrice. Les lignes sont moins longues, les transformateurs et les sous-stations moins nombreux. Par contre, les centrales productrices de courant doivent être d'une régularité absolue et étroitement solidaires les unes des autres.

ÉTAT ACTUEL DES APPLICATIONS ÉLECTRIQUES
AUX TRANSPORTS DANS LES PYRÉNÉES

Réunissant toutes les conditions les plus favorables au développement de la traction électrique, la région pyrénéenne a toujours su utiliser les avantages qu'elle présentait.

Les tramways urbains et interurbains sont nombreux qui unissent les localités de quelque importance. D'autre part, la Compagnie des Chemins de fer du Midi, le premier de nos réseaux français, longtemps avant que les autres ne se fussent lancés dans ce mode d'utilisation, avait déjà entamé l'étude du programme, commencé sa mise à exécution. A l'heure actuelle comme nous le verrons plus loin, la plus grande partie du programme est achevée et sous peu, le Midi aura les trois quarts de son réseau mû par l'électricité.

Nous allons étudier, d'assez près, les installations réalisées par la Compagnie du Midi, qui sont parmi les plus importantes de la chaîne des Pyrénées.

USINES HYDRO-ÉLECTRIQUES. — La Compagnie du Midi procédait avant la guerre à l'électrification d'une partie de son réseau pyrénéen. La transformation projetée a été retardée par les hostilités. Toutefois, un certain nombre d'usines génératrices sont déjà en fonctionnement : La Cassagne (Pyrénées-Orientales), Fontpedrouse (Pyrénées-Orientales), Soulom (Hautes-Pyrénées), Hourat (Basses-Pyrénées) et Eget (Hautes-Pyrénées).

1° *La Cassagne*. — En 1902, l'Etat avait offert au Midi d'exploiter, au titre de ligne d'intérêt général, la ligne de Villefranche à Bourg-Madame. La Compagnie du Midi souscrivit à cette proposition après divers pourparlers et études concernant le mode de traction à adopter, finalement ce fut la traction électrique qui fut choisie.

Le 5 décembre 1902, une convention intervint entre l'Etat et la Compagnie, aux termes de laquelle l'Etat prit à sa charge tous les frais de premier établissement, y compris l'aménagement d'une chute d'eau. La Compagnie devait seulement outiller l'usine électrique. C'est dans ces conditions que fut établie l'usine de La Cassagne, qui emprunte les eaux de la Tet. Cette rivière ayant un débit fort inconstant, l'Etat fit construire à 2.000 mètres d'altitude un barrage dans les marais de la Bouillouse. Cet ouvrage, long de 364 mètres et large de 14 au pied, permet l'emmagasinement de 13.000.000 de mètres cubes d'eau. Un canal d'amenée conduit l'eau du réservoir au bassin de mise en charge, après décantation ; de ce bassin partent quatre conduites forcées, longues de 1.040 mètres, qui précipitent le flot sous 420 mètres de chute brute. La puissance installée ressort à 2.600 kilowatts.

Le courant est élevé à la tension de 20.000 volts et envoyé à cinq sous-stations, qui alimentent la ligne.

2° *Fontpedrouse*. — En 1914, la Compagnie avait procédé sur la ligne à voie normale de Perpignan à

Villefranche à des essais de traction électrique au moyen de courant monphasé obtenu par transformation du courant de la Cassagne. L'électrification de toute la ligne ayant été décidée, à la suite des résultats favorables de ces essais, la Compagnie a construit une nouvelle usine à Fontpedrouse à 3.500 mètres en aval de l'usine de la Cassagne. L'usine utilise les eaux de la Tet et de son affluent la Riberolle. La chute atteint 175 mètres avec un débit constant minimum de 1.500 litres. La puissance disponible atteint 2.600 C. V. Un bassin régulateur de 2.500 mètres cubes permet de porter cette puissance à 3.600 C. V. En cas de besoin la ligne peut être alimentée également par l'usine de la Cassagne par l'intermédiaire d'une sous-station de transformation située à Villefranche, pourvue d'un groupe moteur-générateur de 1.250 kilowatts. Dans ce but, le groupe de Villefranche peut être mis en parallèle avec ceux de Fontpedrouse.

3° *Soulom*. — Les raisons qui avaient conduit la Compagnie du Midi à réclamer à l'Etat, en 1902, des clauses de contrat particulières, amenèrent son Conseil d'administration à revendiquer les mêmes facilités lors de la convention du 20 juin 1907, qui concédait à la Compagnie les transpyrénéens d'Aix-les-Thermes à Puycerda, de Saint-Girons à Salau et de Bedous aux Aranones, lesquels comportent des rampes de 43 millimètres et des courbes de 200 m. de rayon.

L'application d'un nouveau principe fut faite en

1908, lors de la concession de certaines lignes à construire dans les Pyrénées Centrales.

L'Etat qui devait créer une usine hydro-électrique pour la fourniture du courant à la ligne de Pau à Hatgemau, ne put acquérir à un prix modéré une chute à proximité de la ligne. Il s'ouvrit de ses préoccupations auprès de la Compagnie. Celle-ci proposa une combinaison qui lui semblait profitable à tous. L'usine projetée d'Eget pouvait, d'après les calculs des Ingénieurs du Midi, fournir une force double de celle qui avait été prévue. D'autre part, les lignes de transport de force devant suivre les voies ferrées en service de la Compagnie, il paraissait naturel que celles-ci fussent électrifiées et s'alimentassent aux feeders voisins. La construction d'une seconde usine à Soulom, d'une puissance analogue à celle d'Eget, permettrait, affirmait la Compagnie, d'électrifier la ligne de Pau à Montréjeau et embranchements, dirigés vers le Sud. Cette électrification réduirait les dépenses d'exploitation et faciliterait le trafic, considérablement gêné par les déclivités ardues (33 millimètres entre Tournay et Capvern). Le ministre des Travaux publics partagea la manière de voir de la Compagnie du Midi et la convention du 4 juillet 1908 mit à la charge de l'Etat les 4/5 de la dépense des travaux de l'usine d'Eget et la part des dépenses de l'usine de Soulom correspondant à l'augmentation de ses installations, nécessitées par l'électrification de la ligne de Pau à Hagetmau. Pour ces deux usines, la Compagnie a entièrement à sa

charge l'équipement électrique et la machinerie.

L'usine de Soulom venait d'être terminée lorsque la guerre a éclaté. Elle reçoit les eaux de deux rivières, le Gave de Pau et le Gave de Cauterets, sous 109 et 239 mètres de chute. Le débit considérable de ces cours d'eau (Gave de Pau, 4.700 litres minimum, 10 m³ moyenne, 30 m³ maximum : Gave de Cauterets 1.800 litres, 3 m³ et 125 m³) assure à la station une puissance régulière de plus de 10.000 C.V. Des bassins de mise en charge peuvent d'ailleurs l'élever à 18.000 C.V. pendant un court laps de temps. A cet effet, il a été créé sur le canal d'amenée des eaux du Gave de Cauterets une réserve de 22.000 mètres cubes. Le Canal d'amenée du Gave de Cauterets à 3 kilomètres, celui du Gave de Pau atteint 6.800 mètres et 2 mètres de largeur en tunnel. Trois conduites forcées de 0 m. 81 de diamètre et 530 mètres de longueur précipitent les eaux du Gave de Cauterets sur les turbines.

4^o *L'usine d'Eget*, dont l'établissement a été prévu par la convention mentionnée plus haut du 4 juillet 1908, approuvée par la loi du 17 juillet suivant, est destinée à fournir l'énergie électrique nécessaire à l'exploitation des lignes projetées d'Auch à Lannemezan, Arreau à Saint-Lary et Castelnau-Magnoac à Tarbes, ainsi que des lignes en service de la région.

Les travaux de construction de cette usine, suspendus au moment de la guerre, furent repris en 1917 pour les besoins de la Défense Nationale. Ils

sont actuellement complètement terminés. La puissance d'armement est de 35.000 C. V. L'usine utilise une réserve de 6.500.000 mètres cubes obtenus par un barrage de 166 mètres de longueur et de 30 mètres de hauteur établi en travers de la Vallée.

Un canal de 5 kilomètres de long creusé à l'altitude de 1.770 mètres environ amène les eaux de l'Oule à la chambre de mise en charge de 3.000 mc. De plus un deuxième canal de 3 km. 500 de long amène sous certaines réserves imposées par l'Administration de l'Agriculture, les eaux du lac d'Oredon (situé en amont de celui de l'Oule) dans le canal Oule-Eget. L'usine d'Eget dispose de 21.000 kw.

Les eaux du lac d'Oredon et des lacs du Neouvielle avaient été captées dès 1885, non pour la production de l'énergie électrique, mais pour régulariser pour les besoins de l'agriculture les eaux de la Neste et des rivières du plateau de Lannemezan. Aujourd'hui il est entendu que les réserves des lacs servent à une double fin : les besoins de l'agriculture et ceux des industries hydro-électriques.

5° *Usines de l'Ossau.* — La Compagnie a présenté en juillet 1917 un projet à l'administration supérieure pour l'aménagement du lac d'Artouste, situé à la cote 1.950 et la création de 3 usines échelonnées depuis Gabas jusqu'à Laruns, pour la captation complète des forces motrices de la Vallée d'Ossau, en vue de l'électrification de la partie sud-ouest de son réseau.

Les 3 usines doivent être armées pour 130.000 C. V. dans leur ensemble.

Ces 3 installations qui porteront respectivement les noms de Artouste, Miegebat et Hourat disposeront de chutes de 775, 380 et 204 mètres. Leur régularisation sera assurée par le lac d'Artouste aménagé en réservoir avec une capacité utilisable de 16 millions de mètres cubes. L'usine du Hourat est maintenant terminée. Elle a été mise en service en 1925.

6° En vue d'étendre l'électrification à tout son réseau central pyrénéen, la Compagnie a présenté, en janvier 1919, un projet d'aménagement de la Haute-Ariège jusqu'à Ax-les-Thermes. Ce projet comporte l'aménagement du Lac de Lanoux, situé à la cote 2.400 et la construction de 3 usines en échelon d'une puissance totale d'armement de 90.000 C. V. pour une puissance continue de 30.000 P.

7° Pour compléter l'électrification des lignes situées au sud de la ligne de Bordeaux à Cette, la Compagnie étudie la création d'un réservoir de 12.000.000 mètres cubes, au Pla des Aveillans, dans la haute Vallée de la Tet et la construction, sur la Tet, de 3 usines en échelons d'une puissance continue de 22.000 P.

Ce projet prévoit la construction d'une usine intermédiaire en face l'usine existante de Fontpedrouse et la suppression de celle de la Cassagne.

Lignes. — Les lignes suivantes sont actuellement complètement exploitées électriquement :

Villefranche-Vernet-les-Bains à Bourg-Madame (56 km.), alimentée par l'usine hydro-électrique de la Cassagne (armement : 6.000 poncelets).

Perpignan à Villefranche-Vernet-les-Bains (47 km.) alimentée par l'usine hydro-électrique de Fontpédrouse (armement 4.000 poncelets).

Toulouse à Dax (302 km.), Lourdes à Pierrefitte (20 km.), Tarbes à Bagnères de Bigorre (22 km.), Lamrémézan à Arreau (25 km.), Montrejeau à Luchon (35 km.).

Ces lignes sont alimentées par les usines de Soulom (armement : 21.000 poncelets) et d'Eget (armement 35.000 poncelets).

La longueur totale des lignes en exploitation atteint donc en y comprenant la ligne de Montrejeau à Luchon 507 kilomètres ; et la puissance des usines qui alimentent ces lignes est de 66.000 poncelets.

D'autre part, les travaux d'électrification de la ligne de Bordeaux à Hendaye et de ses embranchements, de la Négresse à Biarritz-Ville, de Lamothe à Arcachon, sont en voie d'achèvement ; soit, en tout : 255 kilomètres.

La section de Dax à Hendaye sera vraisemblablement mise en service avec la traction électrique vers le milieu de l'année 1927 et l'électrification étendue jusqu'à Bordeaux dans le courant du premier semestre 1927. Cette ligne sera alimentée par les usines de Soulom et d'Eget et les usines de la Vallée d'Ossau, dont la première, l'usine du Hourat, est en service.

Enfin l'électrification doit être étendue aux lignes de Béziers à Neussargues et embranchements, de

Toulouse à Ax-les-Thermes, de Pau à Bedous, de Buzy à Laruns, de Toulouse à Auch, de Vic-Bigorre à Agen, de Morcenx à Tarbes, de Bayonne à Puyoo, de Bayonne à Saint-Jean-Pied-de-Port et d'Ossés à Saint-Etienne de Baigorry, de Puyoo à Mauléon et d'Autevielle à Saint-Palais ; de Mont-de-Marsan à Dax, de Saint-Sever à Hagetmau, de Boussens à Saint-Girons et Foix, de Bram à Lavelanet, de Belveze à Limoux, de Moulin-Neuf à Pamiers, de Carcassonne à Quillan et Rivesaltes, de Narbonne à Cerbère, d'Elne à Arles-sur-Tech, de Bordeaux Saint-Louis à la Pointe-de-Grave, de la Ceinture de Bordeaux. L'ensemble de ces lignes représente une longueur de 1.912 kilomètres de voies ; elles seront alimentées soit par les usines actuelles ou en construction, soit par des usines à construire soit enfin par des usines appartenant à des tiers.

La traction est également prévue pour les lignes nouvelles suivantes représentant une longueur totale de 612 kilomètres.

a) D'Ax-les-Thermes à Puigcerda (42 km.) et de Bedou à Canfranc (29 km.).

b) D'Hagetmau à Pau (54 km.), d'Auch à Lanne-mezan (69 km.), de Castelnau Magnoac à Tarbes (52 km.), d'Arreau à Saint-Lary (11 km.).

c) D'Albi à Sainte-Affrique (76 km.).

d) De Saint-Girons à Ourt (16 km.).

e) De Graissessac à Plaisance (11 km.).

f) De Saint-Paul-Saint-Antoine à Belestia (28 km.).

g) D'Ourt à la Fronière (23 km.).

- h) D'Espalion à Saint-Flour (102 km.).
- i) De Quillan à Belesta (28 km.).
- j) De Villefranche-Vernet-les-Bains à Vernet-les-Bains et Lahorre (10 km.).
- k) De Montlouis à Quillan (88 km.).

l) De Bourg-Madame à Latour de Carol (6 km.).

La distribution de l'énergie aux sous-stations de traction espacées de 20 à 30 kilomètres se fait au moyen d'un réseau triphasé de 60.000 volts, 50 périodes-seconde.

En outre, un super réseau de 150.000 volts transportera aux postes abaisseurs de Dax, Bordeaux et Toulouse l'énergie fournie par les postes éleveurs du Hourat, Lannemezan et Ax-les-Thermes, le premier alimenté par les usines de la vallée d'Ossau, le second par l'usine d'Eget et le troisième par les usines de l'Ariège.

En résumé, lorsque le programme d'électrification de la Compagnie des Chemins de fer du Midi sera complètement réalisé, ce réseau possédera près de 3.300 kilomètres de lignes électrifiées, y compris les lignes nouvelles dont la liste est donnée ci-dessus. Seule la grande ligne Bordeaux-Cette et quelques lignes plates y afférentes conserveront la traction à vapeur.

Ce même réseau du Midi possède dans la région des Pyrénées un certain nombre de sociétés filiales de transports qu'il contrôle.

Les deux plus importantes sont : la Société des Chemins de fer des Pyrénées Orientales, et la So-

ciété Anonyme des Voies ferrées départementales du Midi (Réseau Basque). La Société des Chemins de fer des Pyrénées Orientales, exploite la ligne d'Arles sur Tech à Prat de Mollo et à Saint-Laurent de Cerdans. Le courant lui est fourni par l'usine de Puyg-Redon sur le Tech qui dispose d'une puissance installée de 600 kilowatts.

La Société anonyme des Voies ferrées départementales du Midi a repris en 1923 un important réseau dans la région Basque. Ce réseau qui n'est pas complètement achevé comprend essentiellement :

1° Un chemin de fer longeant la mer de Bayonne à Biarritz, Saint-Jean-de-Luz et Hendaye. Le dernier tronçon a été en service en 1925.

2° Deux lignes, dont l'une réunira Saint-Jean-de-Luz à Cambo et Cambo à Peyrehorade, et l'autre Saint-Jean-Pied-de-Port à Saint-Palais.

3° Une ligne à crémaillère qui monte d'Ascain au sommet du Mont Rhune (900 m.) et qui a été mise en service en 1924. Pour alimenter le courant des 170 kilomètres du réseau, on a procédé à l'électrification d'une grande centrale à Licq-Atherey sur le Gave d'Engrace. La puissance moyenne disponible est de 4.500 C. V.

On peut se rendre compte par l'étude qui précède de l'importance des travaux entrepris par la Compagnie du Midi et du développement de la traction électrique dans les Pyrénées.

D'autre part, ainsi que nous l'avons dit plus haut, innombrables sont les tramways urbains, et inter-

urbains d'importance moyenne. Citons parmi les plus importants les tramways de l'Ariège, qui possèdent trois lignes : celle de Saint-Girons à Castillon, celle d'Oust à Arlus enfin la ligne de Castillon-Sentein, alimentées par les usines d'Ercé et d'Arrout, de 400 C. V. chacune.

De même, les tramways électriques de Marignac au Val d'Aran, dont la ligne de Marignac au Pont du Roy dessert la vallée de Saint-Beat et est le principal moyen de communication de tout le Val d'Aran avec la France. L'énergie nécessaire est produite par l'usine de Gaud installée sur la Basse-Pique et qui fournit 450 C.V.

Citons encore pour mémoire la Compagnie, des Chemins de fer à traction électrique, Pierrefitte-Cauteretz-Luz, etc., etc.

Enfin, tout à fait à l'Ouest de la chaîne, nous rencontrons les réseaux de la Compagnie des Chemins de fer de Pau-Oloron-Mauléon et Tramways de Bayonne-Biarritz.

Le réseau à vapeur de Pau-Oloron-Mauléon, d'une longueur de 223 kilomètres, et qui comprend les lignes de Pau à Pontacq, Pau à Monein, Pau à Garlin, Garlin à Aire, Saint-Laurent à Lembeye, Oloron à Mauléon et Oloron à Sauveterre, est en projet d'électrification très prochaine.

Le réseau électrique des Tramways de Bayonne à Biarritz, a une longueur de 12 kilomètres environ.

Enfin, le réseau des Chemins de fer de Bayonne à

Biarritz, d'une longueur de 9 kilomètres, est également mû par l'électricité.

Ces trois réseaux sont du reste, la propriété d'une même société, l'Energie industrielle.

CHAPITRE III

L'électrochimie et l'électrométallurgie.

Le courant électrique est capable de modifier la composition chimique des corps par deux méthodes : électrolyse et électrothermie.

L'électrochimie utilise les phénomènes de l'électrolyse, c'est à dire la propriété, que possède le courant, de décomposer les liquides comprenant des sels métalliques ou des oxydes en dissolution. Elle extrait du sel marin la soude, le chlore et ses composés les chlorates, employés dans l'industrie des allumettes et dans la préparation des explosifs. Par l'électrolyse de l'eau, on obtient l'hydrogène et l'oxygène. On fabrique les produits azotés au moyen de l'azote extrait de l'air. Les procédés employés sont nombreux et variés. On peut faire passer l'air sur du carbure de calcium chauffé à 800 degrés, ce qui donne la cyanamide calcique et les nitrates de chaux. On peut aussi introduire l'air atmosphérique dans un four à arc. On obtient ainsi le bioxyde d'azote que l'on fait passer au travers d'une masse d'eau tombant en pluie, ce qui donne l'acide nitrique et ses dérivés. La fabrication des produits azotés a pris, depuis une quinzaine d'années, une extension. L'électrochimie utilise aussi les propriétés thermiques du courant. Dans ce cas, le courant

agit indirectement en élevant la température, ce qui provoque des combinaisons, ou si l'on préfère une synthèse des éléments en contact. Ces opérations se font au four électrique. La plus ancienne de ces fabrications est celle du carbure de calcium. Les fabriques de calcium sont très nombreuses en Suisse, en Italie et en France.

Les industries électrochimiques ont rendu pendant la guerre de grands services. La fabrication des explosifs exigeait, en effet, des quantités énormes de produits, tels que nitrates, acide azotique et chlorates, qui sont à la base de toute la chimie des explosifs.

Les nitrates provenaient en grande quantité de l'Amérique du Sud, et plus particulièrement du Chili. De ce fait, leur transport déjà fort long et fort coûteux, devenait de plus très aléatoire, étant donné les risques de la guerre sous-marine. Il fallait donc aviser rapidement.

Déjà, les usines Norvégiennes de Notodden, fournissaient aux alliés des nitrates d'ammoniaque ; Chedde, en Savoie, préparait les explosifs chloratés. Dans les Alpes et les Pyrénées, les établissements déjà existants renforcèrent leurs installations ; de nouveaux centres firent leur apparition.

La Société norvégienne de l'azote, créa en 1915, à Soulom (Hautes-Pyrénées), une usine destinée à la fabrication des nitrates par la fixation de l'azote atmosphérique (procédé Birkeland et Eyde). Elle pouvait produire annuellement 5.000 tonnes d'acide azotique chimiquement pur.

Les usines de Marignac et de Lannemezan, dont nous étudierons par la suite, les affectations actuelles, fabriquaient, elles aussi, de l'acide azotique, en grande quantité.

Les chlorates indispensables, également, à la confection des explosifs, furent produits dans les Pyrénées, à Auzat et Boussens ; toutes ces productions étaient ensuite centralisées vers les poudreries installées à Toulouse et à Bayonne.

La poudrerie de Toulouse qui existait déjà avant la guerre prit une énorme extension.

Celle de Bayonne, créée de toutes pièces, traitait, à la fois, les nitrates synthétiques et ceux qui lui parvenaient du Chili, par voie de mer.

Les deux poudreries de Toulouse et de Bayonne, comme d'ailleurs l'arsenal de Tarbes, employaient de grosses quantités de courant électrique.

Ces différentes usines, comme nous allons le voir, se consacrent aujourd'hui, à des fabrications nouvelles, et particulièrement à celle des engrais chimiques pour l'agriculture.

L'électrometallurgie a pour objet la fabrication des métaux purs et de leurs alliages.

Par l'électrolyse on affine le cuivre, le zinc, le plomb, l'or, on extrait le nickel, l'antimoine, le manganèse, l'étain, l'argent, de leurs minerais. L'électrometallurgie prépare également l'aluminium. Mais l'électrometallurgie utilise surtout les propriétés thermiques du courant et réalise le plus souvent des synthèses. Elle obtient ainsi les aciers spéciaux,

les alliages rares, les produits chers : ferro-chrome, ferro-tungstene, ferro-vanadium, ferro-silicium, aciers au nickel et dérivés, silico-manganèse, etc. L'instrument commun à toutes ces opérations, c'est le four électrique-Grâce à la température de 3.500 degrés qu'il peut produire, il permet la fabrication d'aciers spéciaux et d'alliages impossibles à obtenir avec la houille ou le coke.

Les opérations électrométallurgiques exigent beaucoup de courant, ces industries recherchent donc les régions où l'énergie se vend bon marché. Or, le courant électrique à bas prix s'obtient surtout de la houille blanche. Les industries chimiques et métallurgiques qui ne possèdent pas de chutes d'eau, recherchent le voisinage des centrales, surtout de celles qui alimentent les réseaux de chemins de fer et leur achètent les excédents d'énergie dont elles disposent. Il se crée ainsi entre l'industrie des transports de force et les fabrications chimiques et métallurgiques une sorte de solidarité d'intérêts. Elle apparaît très nettement dans les Pyrénées.

ETAT ACTUEL DES INDUSTRIES ÉLECTROCHIMIQUES ET ÉLECTROMÉTALLURGIQUES DANS LES PYRÉNÉES

Carbure de calcium. — C'est par la fabrication du carbure de calcium que prit naissance, au début du siècle, l'industrie électrochimique des Pyrénées. C'est surtout à l'usine d'Auzat sur le Vicdessos, une des plus importantes des Pyrénées, que se développa

la fabrication du carbure. Propriété de la Compagnie des produits chimiques et électrométallurgiques, Alais, Froges et Camargue, cette usine développe 20.000 C.V. Une partie de cette énergie est employée à la fabrication au four électrique du carbure de calcium. La fabrication est d'environ 5.000 tonnes par an.

Usines de Castelet et de Boussens. — Dans la région pyrénéenne, on fabrique encore du carbure de calcium à l'usine du Castelet, d'une puissance de 2.000 kwt. (1.100 kwt. de puissance moyenne) sur l'Ariège et à celle de Boussens, sur la Garonne.

Cyanamide calcique. — Il existe aussi dans les Pyrénées, d'autres usines très importantes à carbure de calcium, mais dans lesquelles ce produit, au lieu d'être livré au commerce, est entièrement transformé, à l'usine même, en cyanamide calcique.

Les usines, dans lesquelles on fabrique successivement le carbure, puis la cyanamide, sont toutes récentes ; elles ont été créées pendant la guerre, dans le but d'obtenir l'acide azotique nécessaire à la fabrication des explosifs. Dans la région des Pyrénées, ces usines sont celles de Marignac, de Lannemezan et de Carmaux.

L'usine de Marignac. — La Compagnie d'électricité industrielle exploite, aux environs de Luchon, (Haute-Garonne), les trois chutes de : la Pique Supérieure, (10 000 kwt. installés) ; la Pique Inférieure (8.000 kwt. installés) et du lac d'Oo (20.000 kwt. installés).

Elle dispose également d'un excédent d'énergie fourni par l'usine hydro-électrique de la Picadère (2.500 kwt. installés) appartenant à la Compagnie luchonnaise d'Eclairage.

Enfin la Compagnie d'Electricité industrielle possède les droits d'eau, ou a demandé la concession de trois nouvelles chutes, pour compléter l'équipement des bassins de la Pique et du lac d'Oo.

Les quatre stations centrales de la Pique Supérieure, de la Pique Inférieure, du lac d'Oo et de la Picadère sont actuellement en service. La première utilise une chute de 800 mètres, alimentée par les eaux du lac d'Oo. Ce lac, situé à 1.500 mètres d'altitude, emmagasine, grâce à un barrage de retenue, 20.000.000 de mètres cubes d'eau. Un tunnel de 8 kilomètres, suivi d'une conduite de 3 kilomètres en béton armé, amène les eaux à travers le massif montagneux du Céciré, à la tête des conduites forcées, longues de 2 kilomètres. La retenue du lac est plus que suffisante pour régulariser complètement, et pendant toute l'année, l'énergie produite par les autres centrales.

Tout le courant produit est employé à Marignac (Haute-Garonne), où la Compagnie d'Electricité industrielle a créé de puissantes usines pour la fabrication de la cyanamide calcique (100 tonnes par jour), du carbure de calcium (100 tonnes par jour), des produits pyroligneux (100 tonnes de bois carbonisées par jour), des bois de sciages (100 mc. par jour), et des bois de brosses (30.000 par jour). La Compa-

gnie d'Electricité industrielle fabrique elle-même la chaux nécessaire à la fabrication au carbure (carrières de marbre et fours à chaux de Saint-Béat : (100 tonnes de chaux par jour), et l'azote nécessaire à la fabrication de la cyanamide. Elle a monté de vastes exploitations forestières dans la Haute-Garonne et les départements limitrophes.

Usine de Lannemezan. — L'usine de Lannemezan fut créée par l'Etat pendant la guerre ; elle n'a jamais fonctionné, car l'achèvement de son installation est postérieure à la fin des hostilités. Elle devait emprunter son énergie aux quatre usines hydroélectriques suivantes : l'usine d'Eget, à la Compagnie des Chemins de fer du Midi, sur le ruisseau de l'Oule (7.500 kwt.) ; l'usine de Saint-Lary, à la Société de Pénarroya, sur la Neste d'Aure (15.000 kwt.) ; les usines d'Arreau et de Loudenvielle, créées par l'Etat sur la Neste du Louron (7.500 kwt. chacune).

L'usine devait posséder 20 à 30 fours à carbure de grande capacité et d'une puissance d'au moins 2.000 kwt. Quelques uns seulement de ces fours ont été équipés. Le carbure devait ensuite être transformé en cyanamide dans des fours Frank et Caro dont 300 à 350 ont été acquis. L'usine de Lannemezan actuellement tout à fait terminée, sauf quelques fours à carbure, vient d'être acquise par la Société des Produits azotés qui utilise, pour son exploitation, l'énergie fournie par deux usines situées à Bordères et Loudenvielle. En définitive, Lannemezan produira 40.000 tonnes de cyanamide par an.

L'usine de Carmaux susceptible de produire annuellement 35.000 tonnes de cyanamide sort du cadre de notre étude. L'énergie nécessaire est en effet fournie par une puissante centrale thermique de 20.000 kwt. Du reste l'usine n'a jamais fonctionné. Elle est cependant toujours en parfait état de marche.

FERROALLIAGES

Les ferroalliages sont représentés surtout par le silicomanganèse que l'on fabrique à l'usine de Pierrefitte-Nestalas appartenant à la Société pyrénéenne du Silicomanganèse. Six fours de 600 kwt. peuvent fournir chacun 1.800 à 2.000 kgr. d'alliage par vingt-quatre heures. Le courant provient de la station hydro-électrique de Villelongue (2.280 kwt. de puissance normale) alimentée par le ruisseau d'Isaby. Cette chute est insuffisante pour alimenter l'usine pendant toute l'année ; ce n'est qu'au moment des hautes eaux que l'on obtient les 3.600 kwt. nécessaires au fonctionnement des six fours. Les minerais employés sont la rhodonite du Louron et d'Espagne, et des produits siliceux, tels que le quartz ou le granit.

On fabrique encore du silicomanganèse ainsi que d'autres ferroalliages, *ferromanganèse*, *ferrosilicium*, *spiegel* et aussi de la fonte synthétique, dans la vallée de la Neste, près de Sarrancolin, à l'usine de la Société minière et électrométallurgique du Sud-Ouest. Cette usine dispose d'une puissance

qui peut atteindre 3.500 à 4.000 kwt. provenant de la centrale hydro-électrique adjacente de Beyrède-Jumel, de 7.000 kwt.

Six fours électriques peuvent y fabriquer, par jour, 50 tonnes de fonte synthétique, 4 à 5 tonnes de silicomanganèse et quelques tonnes d'autres ferroalliages. La matière première provient des mines de manganèse que la Société possède à Loudenvielle, dans la vallée du Louron.

La fabrication de la fonte synthétique avait pris, pendant la guerre, un grand développement, la matière première constituée surtout par les tournures d'obus étant abondante et de bonne qualité ; le produit obtenu servait, à son tour, à l'élaboration des projectiles. On en a fabriqué au Boucau ; à Mouguerre ; à Cette-Eygun, sur le Gave d'Aspe ; à Saint-Paul-de-Jarrat, sur l'Ariège ; à Villefranche-de-Conflans, sur la Têt. Actuellement, cette production s'est beaucoup ralentie et ne persiste guère que dans certaines usines importantes, telle que celle des Forges de l'Adour, au Boucau, qui possède trois fours de 1.000 kwt. alimentés par l'usine hydro-électrique de Licq-Athérey sur le Gave Uhaïtça, affluent du Saison ; on y fabrique, non seulement de la fonte synthétique, mais aussi des ferroalliages (ferromanganèse, ferrosilicium). La production est très variable et dépend des disponibilités d'énergie, lesquelles sont liées au débit irrégulier du Gave.

Les abrasifs. — Deux usines importantes s'occupent de cette fabrication. L'une est située à Sar-

rancolin, l'autre à Mercus. Dans chacune d'elles, on prépare des produits constitués essentiellement par de la bauxite fondue au four électrique. Cette fabrication exige beaucoup d'énergie. Aussi les 4.000 kwt. que l'usine de Sarrancolin reçoit de la centrale hydroélectrique voisine de Beyrède-Jumel, et les 3.500 kwt. de Mercus pris sur l'Ariège, suffisent-ils à peine pour alimenter ces usines.

Acide azotique synthétique. — Enfin, comme fabrication électrothermique, il convient de signaler celle de l'acide azotique synthétique, par le procédé de l'arc, à Soulom, dans une usine qui fut créée pendant la guerre par la Société norvégienne de l'Azote, pour produire l'acide azotique pur et concentré nécessaire à la fabrication des explosifs. L'énergie électrique nécessaire est fournie par l'usine toute proche de la Compagnie des Chemins de fer du Midi. Après la guerre, la fabrique de Soulom a transformé tout son acide azotique en nitrate de calcium, qui était vendu comme engrais ; elle a aussi produit du nitrite de sodium très recherché pour la fabrication des colorants. Actuellement, cette usine est arrêtée. Elle reprendra son activité lorsque seront terminées les trois usines de Gèdre et de Luz. La première usine de Gèdre, sur le Gave de Héas, produira 7.500 C.V ; la seconde, empruntant les eaux du Gave de Gavarnie, pourra fournir 7.000 C.V ; enfin l'usine de Luz produira 18.000 C.V.

Aluminium et chlorates. — Les productions électrolytiques sont représentées dans les Pyrénées par

l'aluminium et les chlorates qui sont fabriqués à Auzat, et par le chlore et la soude caustique, que produit à son usine de Boussens, la Société des Forces motrices de la Garonne. Aménagée pendant les hostilités pour préparer du chlore, cette usine utilise comme matière première les eaux de Salies-du-Salat, riches en chlorure de sodium. Le courant est produit à Mancieux par une chute de la Garonne de 2.400 kwt. Actuellement, le chlore électrolytique est transformé, à l'usine même, en chlorure de chaux.

La Société l'Aluminium du Sud-Ouest possède d'autre part à Beyrède (Hautes-Pyrénées) une usine en bordure de la Neste d'Aure. La puissance aménagée s'élève à 14.000 C. V.

Enfin la Société minière et métallurgique de Peñarroya possède sur la Neste d'Aure trois usines très importantes situées en escalier, et qui sont dans l'ordre : celle d'Eget supérieur (20.000 C. V.) celle de Saint-Lary (20.000 C. V.) et enfin celle d'Arreau (15.000 C. V.). La Penarroya disposera de la sorte d'environ 50.000 C. V. de force quand toutes les installations seront terminées. Pour le moment l'usine de Saint-Lary seule est en fonctionnement. Une ligne de transport de Saint-Lary à Lannemézan, est utilisée pour relier l'usine au réseau de transport de la Compagnie du Midi. L'énergie produite servira à l'affinage du zinc ainsi qu'à toutes les opérations se rattachant aux mines métalliques.

RÉSUMÉ. — En résumé, nous trouvons dans la

région pyrénéenne une vingtaine d'usines électro-chimiques ou électro-métallurgiques qui mettent en jeu une puissance installée d'environ 150.000 kwt., alors que la puissance installée en 1910 n'était que de 15.000 kwt., soit 10 fois moindre. Elles produisent ou sont susceptibles de produire :

Carbure de calcium.....	5.000 tonnes
Cyanamide calcique.....	125.000 —
Acide azotique synthétique.....	5.000 —
Abrasifs.....	11.000 —
Fonte synthétique et ferroalliages.	8.000 —
Aciers électriques.....	3.000 —
Aluminium.....	1.500 —
Chlorates.....	2.000 —
Chlorure de chaux.....	13.000 —
Soude caustique.....	5.000 —

CHAPITRE IV

Les possibilités de développement des installations hydro-électriques dans les Pyrénées

Arrivé au terme de notre étude, après avoir passé en revue les principales installations existantes, examinons les avantages que la région pyrénéenne retire de la houille blanche et les possibilités de développement qu'on peut encore attendre de l'électrification.

Nous avons vu se constituer des régions industrielles nouvelles, libérées du joug de la houille noire et qui sans l'électricité n'auraient jamais vu le jour. Ces nouveaux foyers industriels sont du reste puissamment concentrés. Les centrales productrices d'énergie, en vendant à bon compte leurs excédents aux usines électrochimiques et électrométallurgiques exercent autour d'elles une attraction qui ressemble beaucoup à celle que les puits de mine font sentir sur la production industrielle dans les pays charbonniers.

Cependant grâce à sa dispersion et surtout à la facilité avec laquelle on la détaille, la houille blanche favorise les petites usines, les ateliers isolés des villes, des banlieues et même de certaines campagnes. Nous avons vu ainsi se développer de petits centres industriels tels que ceux de Nay, d'Oloron, de Mirepeix, de Saint-Martory, etc... On voit

ainsi apparaît un nouveau type d'établissements industriels : la petite usine à personnel peu nombreux, installée dans la campagne à proximité d'une gare ou d'un tramway.

Nous assistons également à une renaissance des métiers servis par une famille ou un petit groupe d'ouvriers (Fabrication des sandales, tissages, tournage de bois, etc...) Mais il ne faut pas, croyons-nous, s'attendre à un développement important de ces industries artisanales. La concentration est, en effet, une nécessité économique dont les effets avaient commencé à se manifester de très bonne heure et que l'emploi du charbon n'a fait que hâter et aggraver. Nous avons vu plus haut qu'ils se faisaient sentir aussi nettement sur les industries hydroélectriques que sur les autres.

Ceci nous amène à parler de l'électrification rurale et plus particulièrement de l'application de l'énergie électrique au travail agricole. Il ne faut pas le céler, les essais tentés dans les Pyrénées ont abouti à un échec. La grande difficulté à vaincre réside en effet, dans l'organisation des réseaux de distribution. Sans doute les chutes sont nombreuses et le courant relativement bon marché, mais les Pyrénées ne sont pas très peuplées, les agglomérations sont distantes et les populations possèdent un esprit individualiste très prononcé qui leur fait dédaigner la création de syndicats, de coopératives ou d'associations. Le Sud-Ouest de la France est la terre de prédilection du régime du petit métayage,

d'où découlent la subdivision du travail, qui ne permet pas d'envisager l'emploi de moteurs à puissance élevée. Il faudra dans ces conditions pour arriver à un résultat que le grand nombre d'appareils installés compense la faible puissance de chacun d'eux ce qui entraîne une éducation préalable de l'agriculture. La difficulté est grande.

L'électricité rend néanmoins de grands services dans les régions vinicoles des Pyrénées Orientales où on se sert d'elle pour actionner les pompes, les pressoirs, etc... Son emploi est également précieux pour l'irrigation.

En définitive l'énergie électrique dans les Pyrénées est plutôt utilisée comme lumière que comme force motrice. Mais, ici elle prend sa revanche ; bien peu nombreuses sont les agglomérations qui en sont dépourvues. Dans les plus petits hameaux de la montagne elle brille sitôt la nuit tombée, et dans les villes de quelque importance, on la voit prolonger, dans la fraîcheur des nuits, les heures claires du jour, répandre à flots la lumière dans les cafés et les théâtres et flatter le goût des foules pour la vie collective de la place publique.

LES TRANSPORTS

Grâce à la facilité d'adaptations de l'électricité aux transports, les Pyrénées vont connaître une ère de prospérité qu'elles ne pouvaient pas espérer. Certaines régions d'accès difficile ou entièrement pri-

vées de voies de circulation à grand débit, vont se trouver considérablement avantagées. La traction électrique capable de desservir des lignes à fortes pentes va permettre la mise en valeur de régions relativement inaccessibles. La Compagnie du Midi, nous l'avons vu plus haut, a projeté la création de toute une gamme de tramways s'étendant d'un bout à l'autre de la chaîne des Pyrénées. Une nouvelle ligne internationale : le Transpyrénéen de Pau à Sarragosse par Oloron et Jaca va créer au centre des Pyrénées une artère commerciale de grande valeur. Le transit par voie ferrée ne pouvait se faire jusqu'à présent qu'aux deux extrémités de la chaîne. Nul doute que son achèvement n'accélère le progrès économique de la région oloronaise, et que sur tout son parcours ne surgissent des industries nouvelles.

En définitive lorsque seront réalisés les programmes de construction en cours, les Pyrénées seront abondamment pourvues de voies ferrées. Si on y ajoute les innombrables tramways qui circulent dans toutes les villes de quelque importance, il ressort très nettement que les services rendus par l'électricité à cette région sont incommensurable.

L'ÉLECTROCHIMIE ET L'ÉLECTROMÉTALLURGIE

Ici la note est moins optimiste. L'essor pris par ces industries dans la région pyrénéenne jusqu'en 1920 paraissait devoir les conduire au plus brillant avenir. Cet essor a été brusquement arrêté. La

principale raison de cet arrêt brutal réside dans les conditions économiques souvent défectueuses de l'installation des usines. Bon nombre de celles-ci construites durant la guerre pour les besoins de la défense nationale, étaient d'un entretien onéreux et seules les nécessités du moment expliquaient leur fonctionnement. Par la suite l'industrie privée s'est heurtée à des prix de revient prohibitifs et bon nombre d'installations ont dû fermer ou marcher au ralenti. Est-il possible de ranimer l'essor des premiers moments ? Certainement, à la condition toutefois que les usines génératrices arrivent à diminuer le prix de revient de l'énergie électrique, à condition aussi que l'on choisisse, parmi les industries celles dont les matières premières se trouvent à proximité. Or les Pyrénées possèdent des gisements de grande valeur. En ce qui concerne l'aluminium par exemple, les bauxites des carrières de l'Ariège et de l'Hérault sans être aussi riches que les gisements de Provence n'en sont pas moins d'excellentes qualités. En 1919 d'ailleurs sur 159.000 tonnes de bauxites extraites en France, 112.700 tonnes provenaient du Var, 42.000 tonnes de l'Hérault, 3.200 tonnes des Bouches-du-Rhône et 1.500 tonnes de l'Ariège. Les ferroalliages dont la fabrication est relativement facile et les débouchés nombreux et en particulier le ferromanganèse et le silicomanganèse, trouvent dans la région pyrénéenne tous les minerais nécessaires et en abondance. Sur 10.000 tonnes de minerai de manganèse extraites

annuellement de notre sol, 5.000 tonnes proviennent du département de l'Ariège et 3.500 tonnes de celui des Hautes-Pyrénées. Il peut y avoir là pour les Pyrénées une source de profits énormes. La production française est insuffisante, nous devons importer du ferromanganèse d'Angleterre (10.000 tonnes). Une fabrication des plus intenses des ferro-alliages au manganèse doit donc pouvoir se développer dans cette région.

L'électrosidérurgie est peu développée dans le sud-ouest de la France. Pourtant le minerai de fer est abondant et d'excellente qualité dans les départements de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales. C'est un minerai non phosphoreux que l'on trouve surtout dans la région du Canigou et qui produit des fontes de très bonne qualité. Des minerais moyennement phosphoreux sont fournis par les départements de l'Aveyron, de l'Ariège, du Lot et de la Haute-Garonne. Il semble qu'avec les progrès réalisés par l'électrosidérurgie on puisse envisager le traitement direct au four électrique du minerai de fer, pour sa transformation en fonte. Pour cela l'expérience de la Suède, de la Norvège et du Canada le prouve, il faut de l'énergie électrique abondante à bon marché, sinon il est plus économique d'opérer la réduction du métal, au moyen de la houille noire dans le haut-fourneau ordinaire.

A l'heure actuelle, le prix du charbon s'est notablement élevé en France ; celui de l'énergie électrique aussi, mais dans une moindre proportion.

Peut-être y aurait-il lieu dans les conditions économiques du moment, de donner dans notre industrie une place au four électrique. Ce serait une façon de faire revivre, mais transformée et modernisée, cette industrie des forges catalanes, qui fut une source de prospérité pour toute une région et qui produisait un métal si apprécié.

Comme on le voit les richesses minéralogiques des Pyrénées sont grandes, mais peu exploitées. En ce qui concerne le zinc par exemple, sur 20.000 tonnes de minerais extraites en 1920, en France, les Pyrénées en ont produit 13.000. Comme d'autre part, il existe de nombreuses mines de blende, tant sur le versant français que sur le versant espagnol, il semble bien que l'on pourrait extraire 20.000 tonnes de plus par an, ce qui réduirait d'autant nos importations. Le minerai est extrêmement riche. Rien ne paraît donc s'opposer à ce que cette industrie se développe dans la région.

Ainsi donc, les possibilités de développement des industries hydroélectriques sont fort grandes dans les Pyrénées. On peut mesurer, aux avantages déjà retirés par cette région de l'utilisation de la houille blanche, l'essor qu'elle pourra prendre, quand par l'exécution de programmes judicieusement élaborés, elle saura tirer parti de toutes les richesses latentes qu'elle renferme en son sein.

Et ce sera en même temps qu'une ère de prospérité pour les Pyrénées, un appoint considérable apporté au capital industriel de la France.

CONCLUSION

En terminant cet inventaire des richesses nouvelles créées dans les Pyrénées par la « houille blanche », on peut se demander quelle est la part qu'elles peuvent prendre dans l'économie nationale ? Autrement dit, pouvons nous chiffrer ces richesses d'une façon plus ou moins précise ?

Nous avons vu plus haut que l'ensemble des usines hydroélectriques, actuellement aménagées dans les Pyrénées, fournissait environ 380.000 C.V. moyens, soit environ 4 milliards de C.V.-heure par an. Si l'on admet qu'un cheval-heure électrique fait le même travail que 1 kilogramme de charbon (ce qui est un minimum) on obtient comme énergie équivalente des usines aménagées près de 4 millions de tonnes de charbon consommées annuellement. On se rend compte facilement de l'économie énorme que permet de réaliser l'équipement électrique des Pyrénées, à une époque surtout, où nous sommes tributaires pour la houille noire de pays à change élevé. Certes, il serait excessif d'affirmer qu'en développant considérablement la houille blanche, on supprime dans un rapport directement proportionnel la quantité de charbon correspondante. En équipant les chutes d'eau

pyréneennes on a fait naître des industries nouvelles, qui, elles mêmes, seront dans une certaine mesure, consommatrices de charbon et créeront là aussi de nouveaux besoins ; mais, sans aller jusqu'à ce paradoxe, que plus on équipera de chutes d'eau, plus on brûlera de charbon, on peut dire qu'avec une consommation de charbon un peu plus faible que celle qui existerait si l'on ne construisait pas ces usines, on bénéficiera d'une production extrêmement accrue, et c'est là un très gros avantage.

Comment dans ces conditions expliquer la stagnation où se tient depuis quatre ans, l'industrie hydro-électrique dans les Pyrénées, situation qui ne lui est, du reste, pas particulière ?

Il y a plusieurs raisons à cet état de choses.

Des erreurs techniques ont été commises. Faute d'avoir régularisé les régimes instables des cours d'eau, on a gaspillé une partie de la force disponible, on bien on a immobilisé exagérément des capitaux pour récupérer la puissance maxima, et *l'énergie captée est en disproportion avec les sacrifices consentis*. On doit remédier hâtivement aux lacunes initiales, et les bénéfices des entreprises sont de ce fait souvent très réduits, pour ne pas dire plus.

Nous avons eu l'occasion au cours de notre étude de nous occuper d'usines déjà installées qui se sont vues forcées d'interrompre leur travail ou tout au moins de marcher au ralenti, tant leur fonctionnement était peu économique.

On doit d'autre part songer que les chutes ont

déjà été écrémées, que les meilleures, les plus économiques tout au moins, ont déjà été construites, et que dans ces conditions, l'aménagement de nouvelles usines devient de plus en plus coûteux, et cela pour une moindre productivité.

D'autres raisons, d'ordre purement économique, interviennent également pour expliquer cet arrêt brusque de l'essor d'une industrie si bien partie. Si le prix élevé des installations et le loyer actuel de l'argent concourent à ralentir les aménagements, ce sont surtout les exigences fiscales de l'Etat qui ont freiné considérablement les initiatives nouvelles. Les Congrès de Grenoble ont ainsi révélé que la part de l'Etat atteignait le tiers du prix de revient du kilowatt-heure. C'est là un tribut particulièrement lourd et capable en effet de décourager les bonnes volontés.

Est-ce à dire qu'il n'y a rien à tenter pour remonter le courant et conserver à la France, le rang qu'elle est en droit d'occuper parmi les nations qui utilisent la « houille blanche » ? Certes non, et l'application de mesures appropriées serait à coup sûr, opérante.

En vue de favoriser l'industrie du bâtiment, le fisc exonère les nouveaux immeubles, pendant une période donnée, des taxes foncières. Le propriétaire d'une habitation rend-il donc à la société, de plus précieux services que celui qui apporte à une population, la lumière et l'énergie créatrice ? Chacun s'accorde à reconnaître que les lignes de transport d'énergie, doivent jouer le même rôle que le rail

dans l'existence des nations. Il serait donc équitable d'octroyer aux établissements électrogènes, et aux artères de diffusion de force, les mêmes avantages qu'aux chemins de fer.

Toutefois, un Etat obéré ne saurait trouver dans ses ressources l'argent indispensable aux réalisations envisagées et nécessaires. Les hydrauliciens l'ont bien compris. Ils ne demandent même pas une garantie d'intérêt qui grèverait un budget en équilibre instable. Les rapporteurs financiers des Congrès de Grenoble, bien avant que le Ministère des Finances adoptât la formule de l'emprunt de 1925 préconisait l'institution de titres à revenu fixe, avec garantie de change, et rente supplémentaire en concordance avec les prix de la vie. Ils demandaient comme garantie, l'autorisation de faire payer le courant en tenant compte de l'index économique et de ne pas être condamnés à l'application de tarifs uniquement revisables tous les dix ans. L'Etat paraît vouloir entrer dans cette voie. Il a autorisé les chemins de fer, par exemple, à augmenter leur tarif en proportion de l'index économique.

Et, ne serait-ce pas là, une excellente occasion d'utiliser les prestations allemandes, en nature.

M. le Trocquer, ministre des Travaux publics de l'époque, envisageait l'établissement d'un grand plan de travaux basé sur ce système ; on prévoyait, entre autres choses, la construction de voies ferrées, l'aménagement de canaux et de ports, etc.

Il serait à souhaiter, si ces projets doivent, un

jour, se réaliser, qu'une bonne part de ces prestations réclamées à l'Allemagne, soit utilisée pour mener à bonne fin, tous les travaux dont les circonstances issues de la guerre, ont provoqué l'abandon, et en particulier, l'aménagement de nos chutes d'eau, ainsi que la construction de lignes de transport d'énergie électrique.

Il semble bien que si ces vœux étaient pris en considération nous assisterions bien vite au parachèvement des travaux en cours. La France a soif d'une modernisation qui accroîtra son bien-être et sa productivité.

Il ne faut pas que l'œuvre admirable qu'elle a imaginée, bénéficie surtout à autrui. Elle doit mettre en valeur la quasi intégralité de ses richesses naturelles, et ce sera l'occasion pour les Pyrénées, somme toute, tard venues à la houille blanche, de collaborer pour une très large part à l'accroissement prodigieux des richesses économiques de notre pays.

Vu : le président de la thèse,
JEAN LESCURE.

Vu : le Doyen,
BERTHÉLEMY.

Vu et permis d'imprimer
Le Recteur de l'Académie de Paris,
LAPIE.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

Aménagement hydraulique de la région du sud-ouest.

Compte rendu du Congrès de Bordeaux, de la ligue fluviale (Paris, 1922).

Blanchard. — Les forces hydro-électriques pendant la guerre (Paris, 1923).

Cahen. — La houille blanche pendant la guerre (Paris, 1918).

Cavalles. — La houille blanche (Paris 1922).

Eydoux. — Hydraulique industrielle et usines hydrauliques (Paris, 1921).

Marlio. — L'outillage économique de la France (Paris, 1921).

Pacoret. — La technique de la houille blanche (Paris, 1919-1920).

Sorre. — Les Pyrénées (Paris, 1922).

PUBLICATIONS

Annales de géographie, t. XXVIII, 15 novembre 1919, p. 425.

Annuaire de la houille blanche, années 1920 à 1926.

Annuaire de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques (années 1924 et 1925).

La houille blanche française aujourd'hui et demain (Paris, Imprimerie de l'Information, 1922).

Ministère de l'agriculture. — Direction générale des Eaux et Forêts, 2^e partie. Service des grandes forces hydrauliques (région du Sud-ouest. Comptes et résultats des études et travaux rendus.

Ministère des Travaux publics. — Service central des Forces hydrauliques et des Distributions d'énergie électrique. Statistique de la production et de la distribution de l'énergie électrique au 1^{er} janvier 1925.

Ministère de la guerre. — Section économique de la 18^e région (Rapports 1918, p. 32 et 109, Bordeaux).

Revue d'Economie politique 1924, t. 38, p. 330.

Revue générale de l'électricité, 1917 et 1918, p. 773 à 784 et 809 à 816 ; 1923, p. 613 ; 1925, p. 1008.

Revue politique et parlementaire 1916, t. 89, p. 394.

Voir aussi : Publications du Journal « Le Génie civil ». Le Journal de la Houille blanche.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Vue d'ensemble.....	5

PREMIERE PARTIE

La production de l'énergie électrique dans les Pyrénées....	11
<i>Chapitre I.</i> — Conditions topographiques de la production de l'énergie électrique.....	12
<i>Chapitre II.</i> — Les pluies et les neiges.....	17

DEUXIEME PARTIE

Les industries hydro-électriques dans les Pyrénées.....	25
<i>Chapitre I.</i> — Quelques chiffres.....	26
<i>Chapitre II.</i> — Les débuts de la houille blanche dans les Py- rénées.....	30

TROISIEME PARTIE

Utilisation et applications du courant électrique.....	33
<i>Chapitre I.</i> — La lumière et la force mécanique.....	34
<i>a)</i> La région occidentale.....	35
<i>b)</i> La région centrale.....	37
<i>c)</i> La région orientale.....	43
<i>Chapitre II.</i> — Les transports.....	44
<i>a)</i> Etat actuel des applications électriques, aux trans- ports dans les Pyrénées.....	46

<i>Chapitre III. — L'électrochimie et l'électrométallurgie....</i>	59
<i>a) Etat actuel des Industries électrochimiques et électrométallurgiques dans les Pyrénées.....</i>	62
<i>b) Résumé.</i>	69
<i>Chapitre IV. — Les possibilités de développement des installations hydro-électriques dans les Pyrénées.....</i>	71
<i>a) La lumière. La force mécanique et les transports.....</i>	71
<i>b) L'électrochimie et l'électrométallurgie.....</i>	74
<i>Conclusion.....</i>	79

